



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

21 Aktenzeichen: 198 50 502.7  
22 Anmeldetag: 3. 11. 1998  
43 Offenlegungstag: 11. 5. 2000

71 Anmelder:  
CROWN SIMPLIMATIC Maschinentechnik GmbH,  
83052 Bruckmühl, DE  
  
74 Vertreter:  
Keller, H., Dipl.-Chem.Univ. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,  
83064 Raubling

72 Erfinder:  
Meurer, Norbert, 83115 Neubauern, DE; Heinrich,  
Fritz, 83109 Großkarolinenfeld, DE

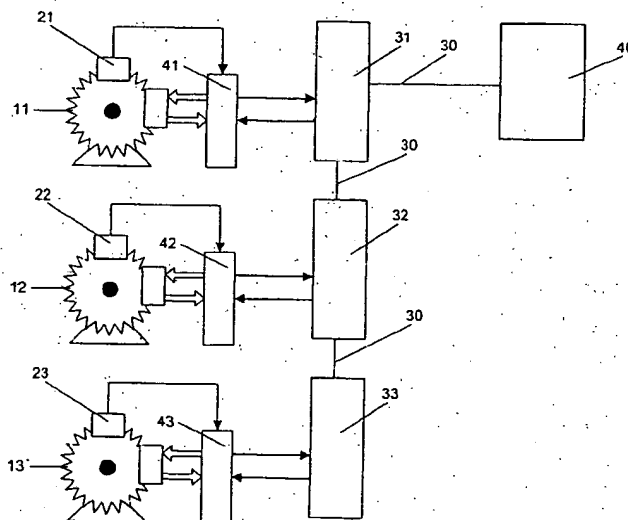
56 Entgegenhaltungen:  
DE 43 30 469 A1  
Brosch, Peter F.: "Immer mehr Bewegung in der  
Werkzeugmaschine." In: Technische Rundschau  
10/90  
S.56-61;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung der Bewegungen einer Maschine

57 Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung der Bewegungen einer Maschine mit je einem elektrischen Antriebsmotor 11, 12, 13 für jede Bewegungsachse, der jeweils mit einem Geber 21, 22, 23 mechanisch gekoppelt ist, wobei aus den Ausgangssignalen des Gebers 21, 22, 23 die Position der Maschine auf der Bewegungsachse bestimmt werden kann, und für jede Bewegungsachse nur ein Startbefehl für den Antriebsmotor, eine Bewegungsgeschwindigkeit und eine Zielposition vorgegeben wird, und Bewegungen beliebiger Achsen kompensiert werden können, indem in Abhängigkeit vom Erreichen einer bestimmten Position auf einer Achse der Startbefehl für eine weitere Achse ausgelöst wird.



DE 198 50 502 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung der Bewegungen einer Maschine mit je einem elektrischen Antriebsmotor für jede Bewegungsachse, der jeweils mit einem Geber mechanisch gekoppelt ist, und wobei aus den Ausgangssignalen des Gebers die Position der Maschine auf der Bewegungsachse bestimmt werden kann.

Das vorliegende Verfahren und die vorliegende Vorrichtung können bei praktisch allen Maschinen Verwendung finden, bei denen bestimmte Bewegungen koordiniert erfolgen müssen. Insbesondere eignet sich das beschriebene Verfahren und die beschriebene Vorrichtung für Werkzeugmaschinen, Industrieroboter, Transport- und Be- und Entladesysteme. Besonders vorteilhaft findet die vorliegende Erfindung Verwendung, wenn eine Vielzahl von Bewegungsachsen oder Bewegungsvorgängen koordiniert ablaufen sollen.

Gemäß dem bisherigen Stand der Technik konnten solche koordinierten Bewegungsvorgänge nur mittels sehr aufwendiger und komplexer Multiachssteuerungen realisiert werden. Dabei mußte für jeden Bewegungsvorgang eine Reihe von Punkten festgelegt werden, die von der Maschine dann sukzessive angefahren wurden. Die entsprechenden Verfahrenwege dazwischen wurden üblicherweise durch Interpolation, meist in Form von Polynomen höherer Ordnung ermittelt. Dies erforderte stets eine sehr aufwendige Zentralsteuerung mit hohen Rechenleistungen sowie eine sehr aufwendige Steuerung der einzelnen Antriebsmotoren.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine solche Steuerung erheblich zu vereinfachen, sowohl was die Zahl der Komponenten betrifft, als auch im Hinblick auf den erforderlichen Programmieraufwand.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein gattungsgemäßes Verfahren zur Steuerung der Bewegungen in einer Maschine gelöst, bei dem für jede Bewegungsachse nur ein Startbefehl für den Antriebsmotor, eine Bewegungsgeschwindigkeit und eine Zielposition vorgegeben wird, und Bewegungen beliebiger Achsen kombiniert werden können, indem in Abhängigkeit vom Erreichen einer bestimmten Position auf einer Achse der Startbefehl für eine weitere Achse ausgelöst wird.

Auf diese Weise ist es nicht mehr nötig, entsprechende Kurven durch eine definierte Anzahl von Punkten im Raum zu kennzeichnen. Vielmehr genügt es erfindungsgemäß, einen Startbefehl für eine Bewegung in einer Achse zu geben sowie eine Bewegungsgeschwindigkeit und einen Endpunkt in dieser eindimensionalen Achse vorzugeben. Zusätzlich wird ein Punkt auf dieser Achse definiert, bei dessen Erreichen der Beginn einer Bewegung auf der nächsten Achse gestartet werden soll. Auch auf dieser Achse ist wiederum lediglich eine eindimensionale Bewegungsgeschwindigkeit und ein eindimensionaler Zielpunkt vorgegeben. Auf dieser zweiten Achse kann wiederum ein Punkt vorgegeben sein, an dem eine Bewegung in einer dritten Achse beginnen soll. Auf diese Weise können beliebig viele Achsen und Bewegungsvorgänge miteinander kombiniert werden.

Besonders bevorzugt ist es dabei, die Antriebsmotoren jeweils mittels eines zugehörigen Frequenzumrichters anzusteuern, der bestimmte Beschleunigungs- und Bremsrampen speichert, denen dann der Bewegungsablauf der Antriebsmotoren folgt. Auf diese Weise lassen sich die Bewegungen der Maschine beim Hinzutreten einer Bewegung in eine andere Achsenrichtung zu beliebigen Bahnkurven verschleifen. Die Bewegungen erfolgen auf diese Weise weich und ruckfrei, was den Energiebedarf und den Verschleiß der Antriebsmotoren erheblich vermindert.

Weiter ist es dabei besonders bevorzugt, eine zentrale

Steuerung vorzusehen, die über einen Datenbus die Ausgangssignale der Geber empfängt und über den selben Datenbus die Startbefehle sowie die vorgegebenen Bewegungsgeschwindigkeiten und Endpositionen an die Frequenzumrichter der Motoren verteilt. Auf diese Weise ist es nicht mehr nötig, die Motoren aufwendig über eine zentrale Steuerung zu steuern, wobei dann von der zentralen Steuerung eine Leitung zu jedem der Motoren geführt werden muß. Insbesondere bei großen Industriemaschinen und Industrieanlagen genügt statt dessen ein durchlaufender Datenbus. Die Verdrahtung und Wartung des Systems wird dadurch erheblich vereinfacht.

Zusätzlich kann für jede Achse ein Referenzpunkt vorgesehen sein, der außerhalb der normalen Verfahrstrecken der Maschine liegt. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, daß die Maschine bei allen Betriebsbedingungen den Referenzpunkt anfahren kann, da er ja nicht im Arbeitsbereich liegt, und zusätzlich kann bei Bedarf durch entsprechende Geber eine Nejustierung der Maschine, beispielsweise nach Stromausfall oder Betriebsstörung problemlos vorgenommen werden.

Zur Realisierung der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung besonders bevorzugt, bei der für jede Achse ein Antriebsmotor vorgesehen ist, der jeweils mit einem Geber mechanisch gekoppelt ist, und dessen Ausgangssignale über einen Datenbus zur zentralen Steuerung geführt werden, wobei jeder Antriebsmotor über einen Frequenzumrichter mit Energie versorgt wird, und wobei diese Frequenzumrichter über den Datenbus mit ihren Steuerbefehlen versorgt werden.

Es ist dabei besonders bevorzugt, als Geber Resolver zu verwenden.

Im folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand des in der beigefügten Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Übersichtsdarstellung einer erfindungsgemäßen Steuerung;

Fig. 2 die Anordnung der einzelnen Achsen und die jeweiligen Referenzpunkte; und

Fig. 3 den Ablauf einer kurvenförmigen Bewegung, wie sie beispielsweise erforderlich ist, um Waren von einem Förderband auf eine Palette umzusetzen, wobei die Waren über ein Hindernis einer bestimmten Höhe hinweggehoben werden müssen.

Fig. 1 zeigt den schematischen Aufbau der Steuerung einer Maschine, die Bewegungen in drei Achsen ausführen kann. Natürlich kann eine erfindungsgemäße Steuerung auch für nur zwei oder aber beliebig viele Achsen aufgebaut werden.

Für jede Achse X, Y, Z ist ein Drehstromsynchronmotor 11, 12, 13 vorgesehen. Auf der Abtriebswelle dieser Motoren 11, 12, 13 ist jeweils ein Resolver 21, 22, 23 angebracht. Dieser liefert Informationen über Drehrichtung und Drehgeschwindigkeit des Motors an ein Businterface 31, 32, 33. Diese Bustreiber 31, 32, 33 sind über eine gemeinsame Busleitung 30 miteinander und mit einer zentralen Steuerung 40 verbunden. Die Steuerung 40 liefert andererseits über den Datenbus 30 Steuersignale an die Bustreiber 31, 32, 33, von denen die entsprechenden Steuerbefehle an Frequenzumrichter 41, 42, 43 weitergeben werden. Jeder dieser Frequenzumrichter 41, 42, 43 ist jeweils einem Motor 11, 12, 13 zugeordnet. Vorzugsweise sind die Frequenzumrichter 41, 42, 43 direkt an den Motoren angeordnet. Die Ausgangsdaten der Resolver 21, 22, 23 werden dabei vorzugsweise über die Frequenzumrichter 41, 42, 43 zu den Businterfaces 31, 32, 33 geführt. Dadurch verfügt jeder Frequenzumrichter stets über die Information über die aktuelle Position auf seiner Achse.

Die Frequenzumrichter **41, 42, 43** erhalten über den Datenbus **30** und die jeweiligen Bustreiber **31, 32, 33** jeweils Befehle von der Steuerung **40**, bestimmte Strecken mit einer bestimmten Geschwindigkeit zu fahren. In den Frequenzumrichtern **41, 42, 43** sind dazu jeweils entsprechende Beschleunigungs- und Verzögerungsrampen gespeichert, da ja die Motoren nicht beliebig schnell beschleunigt werden können. Entsprechend versorgen die Frequenzumrichter **41, 42, 43** den ihnen jeweils zugeordneten Motor **11, 12, 13** mit Drehstrom langsam ansteigender Frequenz. Da im vorliegenden Fall Synchronmotoren Verwendung finden, kann über die Frequenz die Drehzahl der Motoren genau eingestellt werden. Durch die Ausgangsdaten der Resolver **21, 22, 23** ist der jeweilige Frequenzumrichter und die Steuerung **40** permanent über die aktuelle Position informiert. Dadurch kann der Frequenzumrichter den Motor auch rechtzeitig vor Erreichen des Zielpunktes mit der entsprechenden vorgegebenen Verzögerungsrampe herunterregeln, so daß die Geschwindigkeit kontinuierlich auf Null abgesenkt wird, und die vorgegebene Zielposition mit einer vernachlässigbaren Restgeschwindigkeit erreicht wird.

Anstelle der Resolver **21, 22, 23** können natürlich auch beliebige andere Wegegeber oder Impulsgeber Verwendung finden. Entscheidend ist, daß aus den Ausgangssignalen des Gebers direkt oder über Integration dieser Signale die Position der Maschine auf der jeweiligen Bewegungsachse bestimmt werden kann. Es ist also erforderlich, daß die Geber **21, 22, 23** ein der Bewegungsstrecke oder Bewegungsgeschwindigkeit proportionales Signal und ein Signal über die Richtung der Bewegung oder ein absolutes Positionssignal erzeugen.

Die Fig. 1 zeigt einen Aufbau für eine Dreiaachsensteuerung. Es ist aber selbstverständlich ebenso möglich, beispielsweise nur zwei Achsen anzusteuern, oder weitere Module hinzuzufügen, so daß nahezu beliebig viele Achsen gesteuert werden können. Durch den modularen Aufbau ist dazu nicht einmal eine Umstrukturierung der Anlage notwendig. Es werden einfach zusätzliche Bustreiber-Frequenzumrichter-Motor-Resolvereinheiten an den Datenbus angeschlossen. Die Obergrenze für die Zahl der regelbaren Achsen ergibt sich dann nur noch aus der Anzahl von Geräten, die maximal von dem Bus adressiert werden können. Selbst dann ist es jedoch möglich, durch Aufteilung auf mehrere Bussysteme noch weitere Achsen hinzuzufügen.

Im folgenden soll das Steuerungsverfahren anhand der Fig. 2 und 3 näher erläutert werden. Zur Vereinfachung der zeichnerischen Darstellung wird hier nur eine Zweiachsensteuerung dargestellt. Die zu steuernden Bewegungen der Maschine verlaufen also entlang einer Y-Achse **100** und einer X-Achse **110**. Am Ende der jeweiligen Achsen ist jeweils ein Referenzpunkt **102, 112** vorgesehen. Dieser Referenzpunkt ist vorzugsweise so angeordnet, daß er sich außerhalb des normalen Arbeitsbereichs der Maschine befindet. Durch entsprechende Anschlagsschalter kann das Referenzieren der Maschine auch automatisiert werden. Die Referenzpunkte müssen dabei nicht gleichzeitig, sondern können auch nacheinander angefahren werden. Erfindungsgemäß ist dies jedoch nur noch nach dem Einschalten der Maschine erforderlich. Selbstverständlich kann jederzeit von den Bedienungskräften eine Referenzfahrt der Maschine ausgelöst werden, wobei dies erfindungsgemäß aus jeder Achsenposition heraus möglich ist.

Ein beispielhafter zweiachsiger Bewegungsablauf ist in der Fig. 3 dargestellt. Hierbei sind zur besseren Erläuterung auch noch Bahnkurvenpunkte **200 bis 214** eingezeichnet. Es ist jedoch zu beachten, daß die erfindungsgemäße Steuerung diese Punkte nicht benötigt und auch nicht gezielt anfährt.

Das dargestellte Beispiel soll beispielsweise das Umladen

einer Ware von einer Palette auf ein Förderband darstellen, bei dem die Ware über ein dazwischen befindliches Hindernis hinweggehoben werden muß.

Bei Bahnsteuerungen gemäß dem Stand der Technik müßten für diese Bewegung sämtliche Punkte **200 bis 214** in die Maschine einprogrammiert werden. Erfindungsgemäß erhält die Maschine jedoch lediglich folgende Befehle: Beim Start am Pkt. **200** erhält die Maschine den Befehl "Fahre mit vorgegebener Geschwindigkeit entlang der Y-Achse bis zu dem oberen Y-Wert". Dieser entspricht dem Y-Wert des Punktes **208**.

Für die X-Achse wird lediglich vorgegeben, wenn der Y-Wert dem Y-Wert des Punktes **202** entspricht "Bewege dich mit vorgegebener Geschwindigkeit in X-Richtung bis zum Erreichen des X-Wertes des Punktes **214**".

Weiter erhält die Maschine den Befehl "Beim Erreichen des X-Wertes des Punktes **210** eine Bewegung in Richtung der Y-Achse mit vorgegebener Geschwindigkeit zu starten, bis sie den Y-Wert des Punktes **214** erreicht hat".

Der Funktionsablauf ist dann der folgende: Die Maschine startet am Punkt **200** und bewegt sich mit steigender Geschwindigkeit bis zum Erreichen der vorgegebenen Geschwindigkeit in Y-Richtung in diese Richtung. Beim Erreichen eines vorgegebenen Y-Wertes, der den Y-Wert des Punktes **202** entspricht, erhält die Maschine den Befehl, mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit in X-Richtung zu fahren bis der X-Wert dem X-Wert des Punktes **214** entspricht. Die Maschine beginnt also nun in X-Richtung zu beschleunigen. Gleichzeitig verringert sich jetzt die Bewegungsgeschwindigkeit in Y-Richtung, da der Frequenzumrichter die entsprechende Bremskurve in Y-Richtung abfährt, und entsprechend die Motordrehzahl reduziert. Beim Erreichen eines entsprechenden X-Wertes, der mit Sicherheit jenseits des Hindernisses **220** liegt, wird ein weiterer Befehl ausgelöst, nunmehr in negativer Y-Richtung mit vorgegebener Geschwindigkeit bis zum Y-Wert des Punktes **214** zu fahren.

Erfindungsgemäß ist es also nicht mehr nötig, die Koordinaten X, Y der gesamten Punkte von **200 bis 214** vorzugeben. Vielmehr wird jeweils nur ein Y-Achsen-Geschwindigkeits- und Zielwert vorgegeben, sowie ein Wert auf der Y-Achse bei dem eine X-Achsen-Bewegung beginnen soll. Der Befehl für diese X-Achsen-Bewegung enthält wiederum nur Bewegungsgeschwindigkeit und Zielwert. Abhängig von der Position auf der X-Achse kann dann wiederum ein neuer Fahrbefehl in Y-Richtung ausgelöst werden, der ebenfalls wieder nur eine Bewegungsgeschwindigkeit (diesmal in negative Richtung) auf der Y-Achse und einen Zielwert auf der Y-Achse enthält.

Erfindungsgemäß ist also die Steuerung und die Programmierung erheblich vereinfacht, durch Einstellung der entsprechenden Brems- und Beschleunigungsrampenfunktionen in den Frequenzumrichtern kann zusätzlich noch dem jeweiligen Bewegungswiderstand bzw. der jeweiligen Massenträgheit des zu bewegenden Maschinenteils Rechnung getragen werden. Auf diese Weise führt die Maschine mit einem Minimum an Steuerungsaufwand und Programmierung fließende Bewegungen, auch komplexester Art, aus.

Als Steuerungseinheit **40** kann beispielsweise eine speicherprogrammierte Steuerung (SPS) oder ein entsprechender Mikroprozessor verwendet werden. Ebenfalls ist natürlich eine Steuerung über entsprechende CIM (Computer integrated Manufacturing)-Systeme möglich.

Es ist dabei besonders bevorzugt, direkt von der Steuerung **40** aus über den Datenbus **30** auch die Beschleunigungs- und Bremsrampenfunktionen der Frequenzumrichter verändern zu können. Durch diese Rampenfunktionen werden die Bewegungen der Maschine zu beliebigen Bahnkur-

ven verschliffen.

Die Frequenzumrichter jeder Achse erhalten von der Steuerung **40** jeweils eine Endpositions- und Geschwindigkeitsvorgabe, sobald eine Bewegung in dieser Achsenrichtung ausgeführt werden soll. Gleichzeitig erhält die Steuerung dauernd Rückmeldungen über die aktuelle Position jeder Achse. Anhand der Positionswerte der einzelnen Achsen können von dem Programm der Steuerung beliebige Aktionen ausgelöst werden. Auf diese Weise ist die Zahl der Achsen, die gesteuert werden können, theoretisch unbegrenzt. Die Programmierung ist auch erheblich erleichtert, insbesondere wenn drei oder mehrere Achsen für die Bewegung erforderlich sind, beispielsweise wenn die Waren von der Palette nacheinander abgehoben werden sollen, wobei dann noch jeweils Bewegungen in Z-Achse (in Fig. 3 auf den Betrachter zu) erforderlich sind. Diese Z-Achsen-Bewegungen können dann unabhängig von der jeweiligen X- und Y-Achsen-Bewegung programmiert werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Bewegungen einer Maschine mit je einem elektrischen Antriebsmotor (**11, 12, 13**) für jede Bewegungsachse, der jeweils mit einem Geber (**21, 22, 23**) mechanisch gekoppelt ist, und wobei aus den Ausgangssignalen des Gebers (**21, 22, 23**) die Position der Maschine auf der Bewegungsachse bestimmt werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, daß für jede Bewegungsachse nur ein Startbefehl für den Antriebsmotor, eine Bewegungsgeschwindigkeit und eine Zielposition vorgegeben wird, und Bewegungen beliebiger Achsen kombiniert werden können, indem in Abhängigkeit vom Erreichen einer bestimmten Position auf einer Achse der Startbefehl für eine weitere Achse ausgelöst wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebsmotoren (**11, 12, 13**) jeweils mittels eines zugehörigen Frequenzumrichters (**41, 42, 43**) angesteuert werden, der bestimmte Beschleunigungs- und Bremsrampen speichert, denen dann der Bewegungsablauf der Antriebsmotoren (**11, 12, 13**) folgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine zentrale Steuerung (**40**) vorgesehen ist, die über einen Datenbus (**30**) die Ausgangssignale der Geber (**21, 22, 23**) empfängt, und über den selben Datenbus (**30**) die Startbefehle, sowie die vorgegebenen Bewegungsgeschwindigkeiten und Endpositionen an die Frequenzumrichter (**41, 42, 43**) der Motoren (**11, 12, 13**) verteilt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Verlauf der Beschleunigungs- und Bremsrampen von der zentralen Steuerung (**40**) für jede Achse und für jede Bewegung separat in den jeweiligen Frequenzumrichter (**41, 42, 43**) eingegeben wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß für jede Achse (**100, 110**) ein Referenzpunkt (**102, 112**) vorgesehen ist, der außerhalb der normalen Verfahrstrecken der Maschine liegt.
6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß für jede Achse ein Antriebsmotor (**11, 12, 13**) vorgesehen ist, der jeweils mit einem Geber (**21, 22, 23**) mechanisch gekoppelt ist, und dessen Ausgangssignale über einen Datenbus (**30**) zur zentralen Steuerung (**40**) geführt werden, und jeder Antriebsmotor (**11, 12, 13**) über einen Frequenzumrichter (**41, 42, 43**) mit Energie versorgt wird, wobei die Frequenzumrichter (**41, 42,**

**43**) über den Datenbus (**30**) mit ihren Steuerbefehlen versorgt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Geber (**21, 22, 23**) Resolver verwendet werden.

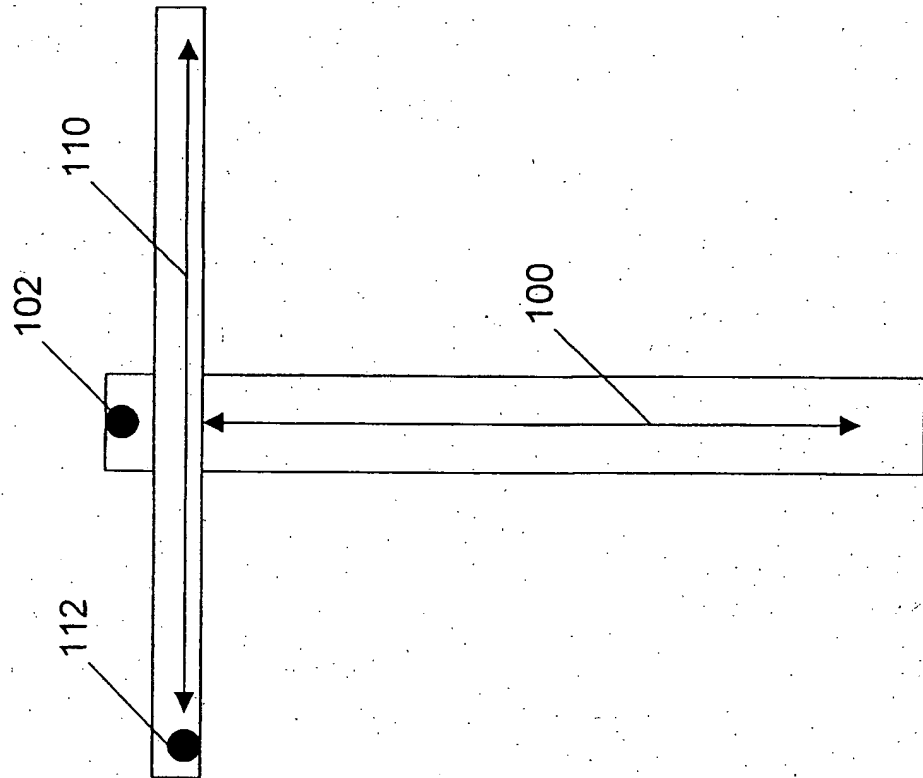
---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---



Figur 2



Figur 3

